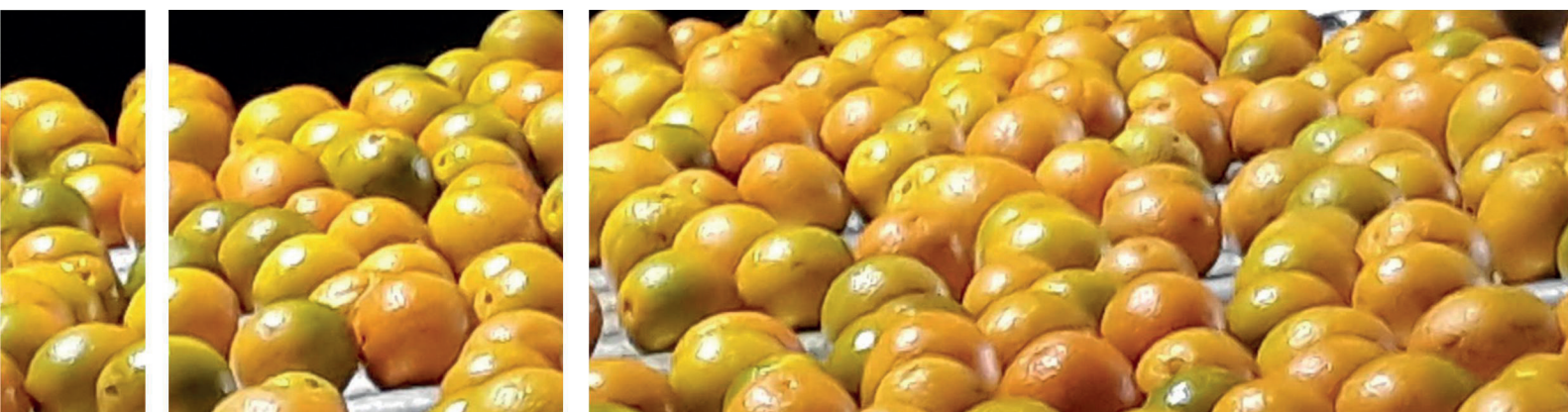


Métodos de controle alternativo do bolor-verde em laranja



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

DOCUMENTOS 125

Métodos de controle alternativo do bolor-verde em laranja

*Daniel Terao
Sonia Cláudia do Nascimento de Queiroz
Kátia de Lima Nechet
Bernardo de Almeida Halfeld-Vieira*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: +55 (19) 3311-2700
Fax: +55 (19) 3311-2640
<https://www.embrapa.br/meio-ambiente/>
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente

Ana Paula Contador Packer

Secretária-Executiva

Cristina Tiemi Shoyama

Membros

*Rodrigo Mendes, Ricardo A. A. Pazianotto, Maria
Cristina Tordin, Daniel Terao, Victor Paulo Marques
Simão, Geraldo Stachetti Rodrigues, Vera Lucia
Ferracini, Marco Antonio Gomes*

Revisão de texto

Nilce Chaves Gattaz

Normalização bibliográfica

Maria de Cléofas Faggion Alencar, CRB-8/1658

Editoração eletrônica

Silvana Cristina Teixeira

Fotos da Capa

Daniel Terao

1ª edição

2020

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio Ambiente

Métodos de controle alternativo do bolor-verde em laranja / Daniel Terao, Sonia
Claudia Nascimento de Queiroz, Katia de Lima Nechet e Bernardo de Almeida
Halfeld-Vieira. -- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020.
PDF (18p.) : -- il. color. (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4691;
125).

1. Bolor verde 2. Controle alternativo 3. Laranja 4. Pós-colheita 5. Contaminante
químico I. Queiroz, Sonia Claudia Nascimento de. II. Nechet, Katia de Lima. III.
Halfeld-Vieira, Bernardo de Almeida.

CDD 631.56

Maria de Cléofas Faggion Alencar (CRB-8/1658)

© Embrapa, 2020

Autores

Daniel Terao

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz

Química, doutora em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Kátia de Lima Nechet

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Bernardo de Almeida Halfeld-Vieira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

Apresentação

O Brasil é um grande produtor e consumidor de frutas. Destaca-se no cenário mundial como o maior produtor e exportador de suco de laranja. No entanto, uma significativa parcela da produção se perde devido a doenças na pós-colheita. O principal agente causal dessas perdas é o fungo *Penicillium digitatum* que provoca o bolor verde que se caracteriza inicialmente por uma podridão mole na casca, que ganha tonalidade verde com a produção de esporos do fungo. Estes esporos se desprendem facilmente ao movimentar a fruta durante o armazenamento e transporte, havendo rápida disseminação da doença. Atualmente, a forma mais comum de se combater esta doença é por meio da aplicação de fungicidas sintéticos. Entretanto, o uso pós-colheita destes produtos tem sido bastante limitado, uma vez que o mercado consumidor cada vez mais exige frutas limpas e saudáveis, livres de resíduos químicos, principalmente no exigente mercado importador de frutas frescas. Para isso, é essencial a disponibilização de estratégias de controle alternativas ao uso de fungicidas no tratamento pós-colheita.

Este trabalho apresenta os recentes avanços de pesquisa obtidos pela equipe da Embrapa Meio Ambiente (Jaguariúna, SP) nesta temática, com alternativas que incluem tratamento hidrotérmico por aspersão e escovação (THAE), radiação ultravioleta C (UV-C), agentes de biocontrole e uso de compostos bioativos. Os resultados demonstram que quando estes métodos são aplicados de maneira integrada é possível obter um desempenho similar ao controle químico, sugerindo um processo limpo e sustentável de manejo integrado do bolor verde da laranja.

A adoção desse modelo tecnológico agregará sustentabilidade à cadeia da citricultura e contribuirá com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS 12), que prevê assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis e, mais especificamente, reduzir o desperdício de alimentos per capita mundial, nos níveis de varejo e do consumidor e, também reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas na pós-colheita.

Marcelo Boechat Morandi
Chefe-geral da Embrapa Meio Ambiente

Sumário

Introdução.....	7
A doença.....	7
Propostas de controle alternativo	8
Métodos de controle alternativo	8
Compostos bioativos	8
Tratamentos físicos	10
Radiação UV-C	10
Tratamentos hidrotérmicos.....	12
Controle integrado.....	13
Estudos desenvolvidos na Embrapa Meio Ambiente	14
Considerações finais	15
Agradecimentos.....	16
Referências	16

Introdução

A laranja é uma importante commodity agrícola brasileira. O Brasil exporta, anualmente, cerca de 30.000 t de laranjas *in natura*, com receita de US\$ 11 milhões, e exporta, aproximadamente, 2 milhões de t de suco com receita em torno de US\$ 2 bilhões (Brasil, 2020), colocando-se no ranking mundial como o maior produtor exportador de suco de laranja, exportando 98% de sua produção, o que representa 85% do mercado mundial.

Considerada uma das frutas preferidas do consumidor brasileiro, é importante fonte de vitaminas e fibras, além de conter metabólitos secundários, antioxidantes como ácido ascórbico, compostos fenólicos, flavonoides e limonoides que são importantes para a nutrição humana (Jayaprakasha; Patil, 2007).

A FAO estima que um terço das frutas e olerícolas se perdem depois de colhidas (Gustavsson et al., 2011) e dentre as principais causas estão as doenças em pós-colheita, que reduzem, tanto a quantidade como a qualidade de frutos comercializáveis. Atualmente, o controle dessas perdas tem sido feito utilizando-se fungicidas no tratamento de pós-colheita de frutas, que deixam resíduos tóxicos perigosos ao ser humano. Portanto, o controle de contaminantes químicos nas frutas é um importante e complexo desafio nacional, com enorme impacto na saúde pública, bem como de grande relevância nas questões socioambientais. Assim, é fundamental para o sistema produtivo a disponibilização de tecnologias limpas e alternativas ao uso de fungicidas para o controle de doenças pós-colheita em frutas.

A doença

O bolor-verde é a principal doença pós-colheita da laranja em todos os países produtores e sua ocorrência depende das condições climáticas e do manuseio dos frutos, desde o pomar até a chegada ao consumidor. O agente causal é o fungo *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. e os sintomas se manifestam, principalmente, durante o armazenamento e o transporte do produto, a partir de infecções quiescentes presentes em frutas sem sintomas no momento do embarque do produto. Em princípio, manifesta-se por uma podridão mole na epiderme da fruta que, posteriormente, fica coberta por um micélio branco e, gradativamente produz grande quantidade de esporos de coloração esverdeada, dando a tonalidade característica da doença (Figura 1). Esses esporos maduros soltam-se com grande facilidade a qualquer movimento ou impacto sobre os frutos afetados. Assim, são facilmente dispersos durante o manuseio e com a exposição das frutas em correntes de ar. A infecção é dependente de ferimentos, podendo ocorrer em qualquer etapa a partir da maturação dos frutos (Laranjeira et al., 2005).



Foto: Daniel Têrao

Figura 1. Sintoma de bolor-verde em laranja

Propostas de controle alternativo

O controle do bolor-verde é difícil uma vez que os propágulos do fungo permanecem quiescentes nos frutos que se mostram aparentemente sadios. Os sintomas aparecem gradativamente durante o período de armazenamento e transporte à medida que amadurecem, e trazem grande apreensão aos atacadistas, varejistas e, principalmente, aos exportadores até que a fruta chegue ao destino final.

A forma preventiva mais comumente usada para o controle dessa doença é a aplicação de fungicidas sintéticos, como o thiabendazole e imazalil, nos tratamentos pós-colheita. No entanto, visando reduzir a quantidade de resíduos, tanto para atender à crescente demanda do mercado consumidor por produtos sadios, sem contaminantes químicos, quanto para cumprir com as normas cada vez mais rigorosas dos países importadores, foram realizados estudos para disponibilizar métodos alternativos ao uso de fungicidas no tratamento pós-colheita de laranja, que sejam mais seguros para o consumo humano e para o ambiente. Dentre as opções disponíveis destacam-se os compostos bioativos obtidos de plantas, os tratamentos físicos, como os hidrotérmicos e radiação UV-C, e o controle biológico.

Métodos de controle alternativo

Compostos bioativos

Os compostos bioativos são, normalmente, metabólitos secundários, isto é aqueles que não possuem função reconhecida na manutenção dos processos vitais da planta, como crescimento e reprodução, mas são utilizados por ela como estratégia de defesa natural contra diversas pragas (Miresmailli; Isman, 2014). Esses compostos têm sido considerados como alternativa promissora no controle de doenças pós-colheita de frutas (Copping; Menn, 2000), como aqueles presentes no extrato de *C. canadensis*.

A *Conyza canadensis* (L.) Cronquist que pertence à família Asteraceae (ou Compositae) é originária da América do Norte e está amplamente distribuída pelo mundo. No Brasil é conhecida popularmente como buva e ocorre, sobretudo, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste em campos nativos e em lavouras. É uma espécie de planta anual ou bianual, herbácea, de porte ereto que atinge até 2,5 m com ramificação intensa apenas na parte superior, com folhas isoladas, simples, sésseis, e formato linear-lanceoladas, com margem finamente denteadas. A inflorescência é do tipo panícula ereta e muito ramificada na parte superior da planta (Lazaroto et al., 2008) (Figura 2).



Figura 2. Plantas adultas de buva - *Conyza canadensis* (L.) Cronquist

A buva dissemina-se por intermédio de sementes muito pequenas, que são produzidas em grande quantidade, e são facilmente carregadas pelo vento e pela água de irrigação. É uma planta daninha que ataca pomares, vinhedos, culturas de campo, tais como soja, milho e algodão, e na entressafra ocorre em áreas de pouca cobertura vegetal ou pouca palhada (Gao, 2009; Lazaroto et al., 2008). Por ser resistente aos herbicidas usados intensamente em grandes culturas, como o glifosato, o paraquat e o atrazina, dificulta o controle químico, e por isso a sua população tem aumentado nessas lavouras, resultando em perdas na qualidade e na produtividade das culturas infestadas (Lamego; Vidal, 2008; Moreira et al., 2007).

Apesar de ser uma planta invasora é muito utilizada na medicina popular em Portugal e nos países de origem como Canadá e Estados Unidos, para combater diarreias persistentes, para tratar inflamações das mucosas, enterites, bronquites, estomatites, cistites, inflamações vaginais, reumatismo e gota. Em virtude de sua propriedade diurética é, também, útil em situações de edemas e obesidade acompanhada de retenção líquida. Contém taninos, limoneno, citronelal, terpinol, farneceno, ácido gálico, flavonoides e esteróis. Os taninos têm ação adstringente e antidiarreica e os flavonoides são antissépticos, anti-inflamatórios e diuréticos (<https://revistajardins.pt/conheca-a-avoadinha/>).

A *C. canadensis* é uma planta alelopática e produtora de substâncias bioativas. Shakirullah et al. (2011) destacam as propriedades antimicrobianas de dois compostos isolados de *C. canadensis*, conyzolide e conyzaflavone, no controle das bactérias, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, dos fungos, *Aspergillus flavus*, *Fusarium solani* e das leveduras, *Candida albicans* e *C. glabrata*. Por outro lado, Veres et al. (2012) observaram que os óleos essenciais de *C. canadensis* obtidos da parte aérea (limoneno, constituinte majoritário) e da raiz (2Z, 8Z-matricaria ester, constituinte majoritário) não apresentaram atividade para bactérias Gram negativas e positivas. No entanto, apresentaram atividade elevada para o fungo *Trichophyton*

interdigitale e para a levedura *Cryptococcus neoformans*. Edziri et al. (2011) observaram que o extrato de *C. canadensis*, contendo etil acetato, clorofórmio, butanol e metano apresentaram potente atividade antiviral contra os vírus humanos, citomegalovírus (HCMV) e o enterovírus Cox-B3.

Queiroz et al. (2012) realizaram o fracionamento sistemático guiado por bioensaios nos extratos de *C. canadensis* e identificou três substâncias com atividade antifúngica, dentre elas (4Z)-lachnophyllum lactona (LACH) (Figura 3).

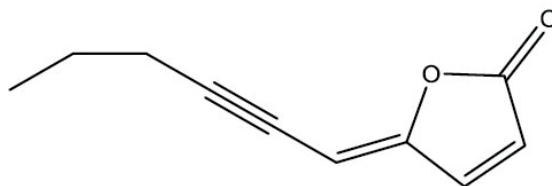


Figura 3. Fórmula estrutural da substância bioativa isolada de *Conyza canadensis*: (4Z)-lachnophyllum lactona (LACH).

Segundo Porto et al. (2016), esta substância possui atividade significativa contra *Penicillium digitatum*, causador do bolor-verde na laranja. Neste trabalho os autores apresentam um método de extração dos compostos bioativos da planta, utilizando um processo em consonância com a química verde, que gera extratos que podem ser aplicados diretamente nas frutas em tratamentos pós-colheita.

Tratamentos físicos

Os meios físicos de controle podem atuar diretamente sobre os patógenos, removendo ou destruindo esporos e micélio da epiderme das frutas, bem como, de maneira indireta, interferindo na sua fisiologia, retardando os processos bioquímicos de amadurecimento e senescência, reduzindo a taxa respiratória e a transpiração. Atuam, também, como indutores de resistência na supressão do desenvolvimento de microrganismos (Benato et al., 2006). Dentre eles, a radiação ultravioleta C (UV-C) e o tratamento hidrotérmico por aspersão de água quente destacam-se com potencial de adoção prática no tratamento pós-colheita da laranja.

Radição UV-C

Dentre os métodos físicos de controle, a luz UV-C, de comprimento de onda entre 190 e 280 nm, por exercer ação germicida a microrganismos, apresenta perspectivas de aplicação no controle de doenças pós-colheita de frutas e de vegetais (Figura 4). Além disso, pode induzir mecanismos de resistência e aumentar a defesa natural da fruta contra o ataque de fitopatógenos, sem contaminar o produto (Usall et al., 2016).

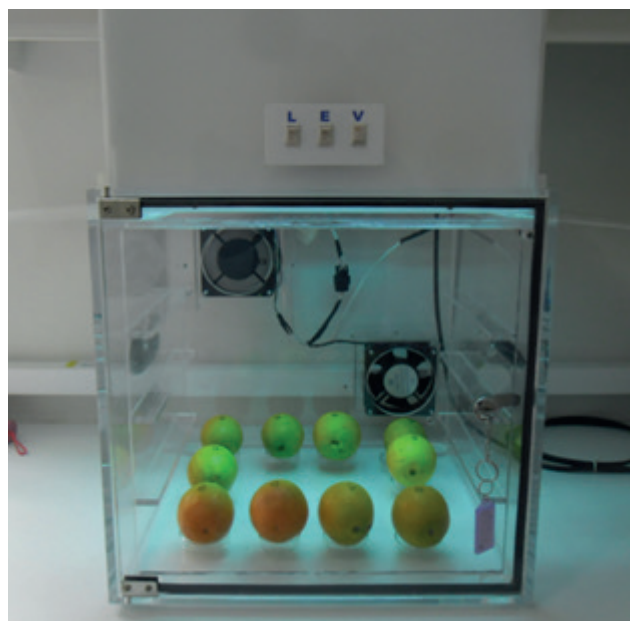


Foto: Daniel Terao

Figura 4. Irradiador para tratamento com radiação UV-C

Ademais, a radiação UV-C desacelera o processo de maturação, preserva a integridade da fruta, aumenta o tempo de vida prateleira (Yang et al., 2014) e eleva a quantidade de vitaminas e substâncias antioxidantes (Liu et al., 2012).

O grau de tolerância de cada espécie fúngica à radiação UV-C é bastante específico, assim como a espécie frutícola, já que cada uma apresenta níveis diferenciados de tolerância da epiderme. Portanto, para obter resultados adequados ao utilizar esta tecnologia é importante definir, previamente, a dose eficaz para o controle de cada espécie fúngica e ao mesmo tempo compatível com o grau de sensibilidade da epiderme da fruta que receberá a irradiação. Doses elevadas provocam queimadura da casca, e resulta em ferimentos que favorecem a penetração e colonização do fungo, o que acelera o processo de infecção (Terao et al., 2015, 2018).

Estas informações precisas e específicas estão pouco disponíveis. Por exemplo, em manga, González-Aguilar et al. (2007) observaram que a dose de UV-C entre 2,46 e 4,93 kJ m⁻² controlaram podridões, e o tratamento colaborou para a manutenção da qualidade e aumentou o tempo de vida de prateleira da fruta. Para controlar podridão causada por *Botryosphaeria dothidea*, nas condições climáticas brasileiras, Terao et al. (2015, 2018) recomendaram a dose de 2,5 kJ m⁻² no tratamento pós-colheita de manga Tommy Atkins.

Ao testar o melão Huang et al. (2015) obtiveram controle eficaz de doenças pós-colheita provocadas por *Fusarium oxysporum* e *Alternaria alternata* aplicando doses de UV-C de 4 kJ m⁻², que preservou os aspectos qualitativos da fruta.

Algumas frutas, como o mamão, apresentam epiderme muito sensível à luz UV-C havendo, portanto, necessidade de maior investigação para definir a dose e a forma de aplicação mais adequada para o tratamento da fruta (Cia et al., 2007).

Stevens et al. (2005) obtiveram resultados similares de eficiência do tratamento no controle de doenças pós-colheita de maçã, pêssego e tangerina, aplicando-se a luz UV-C, direcionada apenas ao pedúnculo ou aplicando em toda a superfície. Estes dados indicam que a indução de resistência

tem participação importante no processo de controle exercido pela luz UV-C, e sugere uma forma bastante prática de irradiar a fruta, sem a necessidade de cobrir toda a epiderme.

Tratamentos hidrotérmicos

No Brasil o tratamento hidrotérmico mais comumente adotado é por imersão das frutas em água aquecida em torno de 52 °C durante 5 min. No entanto, esta forma de tratamento, além de usar grande volume de água quente não renovável, e do alto consumo de energia elétrica, não tem apresentado bons resultados. Ademais, acumula grande quantidade de detritos, matéria orgânica e propágulos dos fitopatógenos ao longo do dia. Já o tratamento hidrotérmico por aspersão e com escovação (THAE) é um processo que trata as frutas, enquanto giram sobre escovas rolantes, com spray de água quente em temperaturas mais elevadas que a imersão (de 55 °C a 70 °C), por um período curto de tempo (de 10 a 60 s), seguido imediatamente de aspersão com água fria a 15 °C, para cessar o efeito do calor (Figura 5).



Figura 5. Tratamento hidrotérmico por escovação e aspersão

Este método é inovador porque permite o ajuste exato de temperatura e de tempo adequados para cada espécie frutícola e fitopatógeno alvo, e possibilita um controle mais eficaz da doença. A chance de aplicar temperaturas mais elevadas em curto espaço de tempo dá maior agilidade na linha de processamento e facilita a renovação contínua, disponibilizando água limpa ao tratamento durante todo o dia de processamento, além da reciclar a água quente, proporcionando significativa economia de energia. O uso de escovas rolantes faz a remoção eficiente de sujeiras e esporos dos fungos que se acumulam, principalmente no cálice das frutas. Apesar de ser pouco conhecida no Brasil essa tecnologia vem sendo amplamente adotada em Israel (Figura 6). No entanto, existem poucas informações técnicas específicas sobre o efeito do THAE no controle de fungos que atacam as frutas tropicais na pós-colheita.

Em pós-colheita, o uso de agentes de controle biológico integrado a outras medidas de controle vem sendo preconizado, e a combinação de diferentes estratégias apresentaram efeitos aditivos na redução da intensidade de doenças (Wisniewski, 2016). Além disso, apresenta como aspecto desejável a redução ou até a eliminação da necessidade de uso de agroquímicos (Terao et al., 2017a, 2017b). Um fator importante a ser considerado é que as condições pós-colheita, por muitas vezes, permitem que o produto seja mantido em temperatura e umidade controladas, favorecendo o estabelecimento e a ação do agente de controle biológico durante o transporte, o período de maturação e a estocagem. Adicionalmente, a ausência de resíduos químicos constitui uma vantagem adicional em mercados que consideram este fator na regulação do seu comércio exterior.

Estudos desenvolvidos na Embrapa Meio Ambiente

A seguir será apresentada e discutida uma compilação dos resultados obtidos em estudos relacionados ao controle alternativo do bolor-verde da laranja, desenvolvido pela equipe de pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente. Com o objetivo de avaliar a eficiência de um composto bioativo no controle da incidência do bolor-verde em laranja, Souza et al. (2018) avaliaram a aplicação isolada de três doses (10, 50 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$) da substância LACH (presente no extrato de *C. canadensis*), aspergindo-se 2 mL da solução aquosa na epiderme da fruta. A substância (LACH) demonstrou atividade no controle do bolor-verde, aumentou a eficiência, gradativamente, à medida que acresceu-se a dose, de 23% na dose de 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$ para 43% na dose de 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Além disso, a dose de 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ retardou em dois dias o aparecimento de sintomas da doença.

No estudo de THAE foram avaliadas quatro temperaturas: 55, 60, 65 e 70 °C, durante 30 s. Os resultados revelaram que todas as temperaturas foram igualmente eficazes portanto, é recomendada a menor delas, de 55 °C por 30 s, em função da economia de energia. Houve redução de aproximadamente 67% na severidade de mofo-verde em laranja Valência tratada com THAE usando este binômio temperatura x tempo, e observou-se aumento no tempo de vida útil de prateleira dos frutos tratados. O tratamento, além de controlar a doença, prolongou a firmeza da fruta, sem alterar as características qualitativas físico-químicas. (Terao et al., 2017a).

Porat et al. (2000) observaram que o tratamento THAE promoveu a formação de uma barreira natural ao ataque de fungos, pelo derretimento da cera epicuticular, reduzindo para menos de 1% o desenvolvimento do mofo-verde em tangerinas Minneola, laranja Shamouti e grapefruit Ruby. Ao analisarem com microscopia eletrônica a superfície da casca de frutas que receberam o tratamento, verificaram que o uso do THAE permitiu, além de reduzir a microflora epifítica, um espalhamento natural da cera epicuticular na epiderme da fruta, cobrindo e selando estômatos, e aberturas naturais, que servem como locais de penetração e infecção pelo fungo.

Com relação à radiação UV-C verificou-se que a dose ideal para o controle de mofo-verde em laranja é de 1,5 kJ m^{-2} (Terao et al., 2017a). A irradiação de laranjas com a luz UV-C, após a aplicação da substância LACH, melhorou o nível de controle, e sugeriu a ocorrência de sinergismo. Aos 15 dias de armazenamento constatou-se um nível de controle da doença ao redor de 70% com a dose de 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ combinada à radiação UV-C. Além disso, a aplicação da substância LACH, seguida da irradiação UV-C retardou em sete dias a manifestação de sintoma do bolor-verde (Figura 7) (Souza et al., 2018).

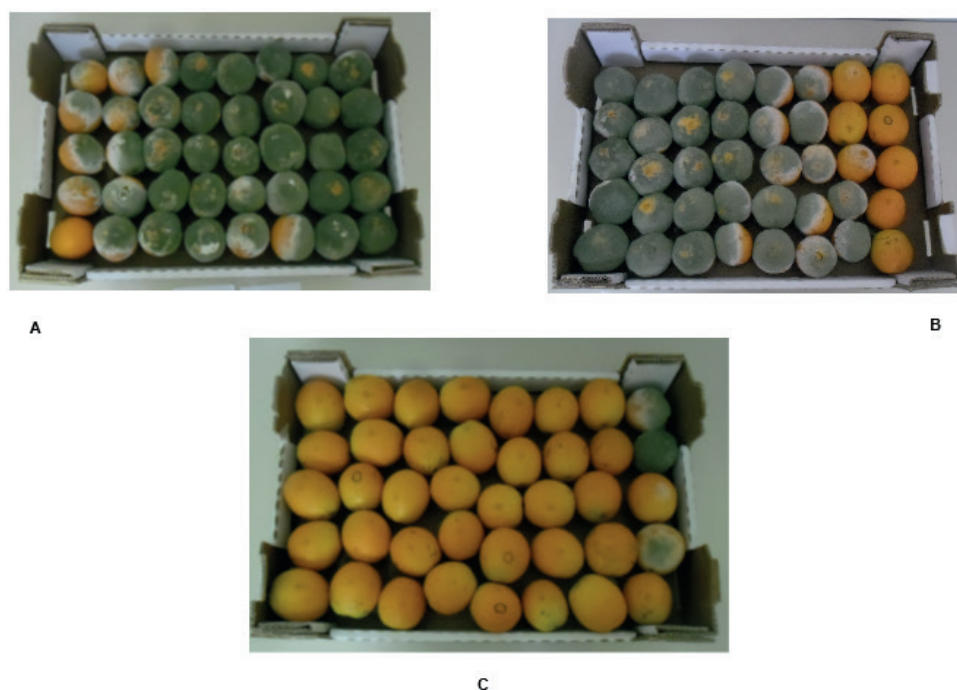


Figura 7. Sintoma de bolor-verde em laranjas aos 15 dias de armazenamento a 20 ± 2 °C.

(A) Testemunha; (B) tratamento com fungicida thiabendazole (C) tratamento com a substância LACH isolada de *Conyza canadensis* ($100 \mu\text{g mL}^{-1}$), combinado com irradiação UVC ($1,5 \text{ kJm}^{-2}$)

Segundo Ben-Yehoshua et al (1998), os tratamentos físicos induzem a expressão de genes ligados à resistência natural da fruta. Esta resistência está associada ao aumento na lignina, proteínas de choque de calor, fitoalexinas e com a manutenção de compostos antimicrobianos pré-formados, como as quitinases que auxiliam na defesa natural da fruta ao ataque de fungos.

Para controlar o bolor-verde, a combinação do THAE com a levedura *Candida membranifaciens* estirpe CMAA-1112 demonstrou que a pulverização deste microrganismo nos frutos, após a aspersão de água a 55 °C e escovação por 30 s, com posterior irradiação com luz UV-C a 1.5 kJ m^{-2} , promoveu incremento da capacidade de controle da doença (Terao et al., 2017a). Embora a levedura não tenha mostrado capacidade antagônica ao patógeno, foi capaz de incrementar o aumento na atividade das enzimas polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase, indicadoras do estado de indução de resistência, contribuindo aditivamente aos demais tratamentos na redução da intensidade da doença.

Considerações finais

O extrato de *C. canadensis*, por meio da substância (LACH), apresenta atividade no controle do bolor-verde em laranja. O THAE e a radiação UV-C são, também, métodos alternativos eficazes no controle da doença. No entanto, como estes tratamentos alternativos apresentam limitações quando aplicados individualmente, a recomendação é a combinação destes em um manejo integrado. Os resultados apresentados sugerem que a integração de tratamentos físicos combinados com a levedura *C. membranifaciens* ou com o extrato de *C. canadensis* poderão ser métodos alternativos ao uso de fungicidas no tratamento pós-colheita para o controle do bolor-verde da laranja.

Agradecimentos

À FAPESP (Processo 2018/25318-7) pelo apoio financeiro, à empresa Alfacitrus-Produção e Comércio de Cítricos pelo fornecimento das frutas utilizadas nos ensaios e à Silvana Cristina Teixeira pela confecção do desenho esquemático do tratamento hidrotérmico por aspersão com escovação (THAE).

Referências

- BARTINICKI, V. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A. Tratamento hidrotérmico e com radiação UV-C no controle pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 737-745, 2011.
- BENATO, E. A.; CIA, P.; CAMILI, E. C. Controle Físico. In: OLIVEIRA, S. M. A.; TERAPO, D.; DANTAS, S. A. F.; TAVARES, S. C. C. de H. **Patologia pós-colheita: frutas, olerícolas e ornamentais tropicais**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. Cap. 6, p.173-189.
- BEN-YEHOSHUA, S.; RODOV, V.; PERETS, J. Constitutive and induced resistance of citrus fruits against pathogens. In: JOHNSON, G. I.; HIGHLY, E.; JOYEE, D. C. (Ed.). **Disease resistance in fruit**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1998. p.78-93.
- BEN-YEHOSHUA, S.; MERCIER, J. UV irradiation, biological agents and natural compounds for controlling postharvest decay in fresh fruits and vegetables. In: BEN-YEHOSHUA, S. (Ed.). **Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality**. Boca Raton: Taylor and Francis, 2005. p. 266-299.
- BRASIL. Ministério da Economia, Indústria e Comércio Exterior e Serviços. **Séries históricas**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/series-historicas>>. Acesso em: 20 maio 2020.
- CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 366-373, 2007.
- COPPING, L. G.; MENN, J. J. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. **Pest Management Science**, v. 56, p. 651–676, 2000.
- DROBY, S.; ROMANAZZI, G.; TONUTTI, P. Alternative approaches to synthetic fungicides to manage postharvest decay of fruit and vegetables: needs and purposes of a special issue. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 1–2, 2016.
- EDZIRI, H. L.; LAURENT, G.; MAHJOUB, A.; MASTOURI, M. Antiviral activity of *Conyza canadensis* (L.) Cronquist extracts from Tunisia. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 9097-9100, 2011.
- FALLIK, E.; AHARONI, Y.; COPEL, A.; RODOV, V.; TUVIA-ALKLAI, S.; HOREV, B.; YEKUTIELI, O.; WISEBLUM, A.; REGEV, R. Reduction of postharvest losses of 'Galia' melon by short hot-water rinse. **Plant Pathology**, v. 49, p. 333-338, 2000.
- GAO, X.; LI, M.; GAO, Z.; SUN, T.; SUN, Z. Research on allelopathic effects of *Conyza canadensis*: an invasive species. **Acta Prataculturae Sinica**, v. 18, n. 5, p. 46–51, 2009.
- GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U. **Global food losses and food waste**. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, 2011. 29 p.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; ZAVALA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p.108-116, 2007.
- HUANG, K.; ZOU, Y.; LUO, J.; LIU, Y. Combining UV-C treatment with biocontrol yeast to control postharvest decay of melon. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 14307-14313, 2015.
- JAYAPRAKASHA, G. K.; PATIL, B. S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 410-418, 2007.

LAMEGO, F. P.; VIDAL, R. A. Resistência ao Glyphosate em biótipos de *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis* no Estado do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, v. 26, p. 467-471, 2008.

LARANJEIRA, F. F.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; AGUILAR-VILDOSO, C. I.; COLETTA FILHO, H. D. Fungos procariotos e doenças abióticas. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC; Fundag, 2005. Cap. 18, p. 511-566.

LAZAROTO, C. A.; FLECK, N. G.; VIDAL, R. A. Biologia e ecofisiologia de buva (*Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*). **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 852-860, 2008.

LIU, C.; CAI, I.; LU, X.; HANG, X.; YING, T. Effect of postharvest UV-C irradiation on phenolic compound content and antioxidant activity of tomato fruit during storage. **Journal of Integrative Agriculture**, v.11, p.159-165, 2012.

MARQUENIE, D.; GEERAERD, A. H.; LAMMERTYN, J.; SOONTJENS, C.; IMPE, J. F.; MICHIELS, C. W.; NICOLAI, B. M. Combinations of pulsed white light and UV-C or mild heat treatment to inactivate conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilia fructigena*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 85, p.185-196, 2003.

MIRESMALLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 1, p. 29-35, 2014.

MOREIRA, M. S.; NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; CHISTOFFOLETI, P. J. Resistência de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* ao herbicida Glyphosate. **Planta Daninha**, v. 25, p.157-164, 2007.

PORAT, R.; DAUS, A.; WEISS, B.; COHEN, L.; FALLIK, E.; DROBY, S. Reduction of postharvest decay in organic citrus by a short hot water brushing treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, p. 151-157, 2000.

PORTO, R. S.; RATH, S.; QUEIROZ, S. C. N. *Conyza canadensis*: green extraction methods of bioactive compounds and evaluation of their antifungal activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, p.1-7, 2016.

PRUSKY, D.; FUCHS, Y.; KOBILER, I.; ROTH, I.; WEKSLER, A.; SHALOM, Y.; FALLIK, E.; ZAUBERAN, G.; PESIS, E.; AKERMAN, M.; YKUTIELY, O.; WEISBLUM, A.; REGEV, R.; ARTES, L. Effect of hot water brushing, procloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruits. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 165-174, 1999.

QUEIROZ, S. C. N.; CANTRELL C. L.; DUKE, S. O.; WEDGE, D. E.; NANDULA, V. K.; MORAES, R. M.; CERDEIRA, A. L. Bioassay-directed isolation and identification of phytotoxic and fungitoxic acetylenes from *Conyza canadensis*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 5893-5898, 2012.

SHAKIRULLAH, M.; AHMAD, H.; SHAH, M.R.; AHMAD, I.; ISHAQ, M.; KHAN, N.; BADSHAH, A.; KHAN, I. Antimicrobial activities of Conyzilide and Conyzoflavone from *Conyza Canadensis*. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry**, v. 26, p. 368-471, 2011.

SOUZA, C.S.M.; TERAPO, D.; KONDA, E.T.; SILVA, D.R.; QUEIROZ, S.C.N. Substância isolada de *Conyza canadensis* combinada com a radiação UVC no controle de bolor verde da laranja. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11, 2018, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2018. Nº 17415. 9 p.

SRIPONG, K.; JITAREERAT, P.; TSUYUMU, S.; UTHAIRATANAKIJ, A.; SRILAONG, V.; WONGS-AREE, C.; MA, G.; ZHANG, L.; KATO, M. Combined treatment with hot water and UVC elicits resistance against anthracnose and improves the quality of harvested mangoes. **Crop Protection**, v. 77, p. 1-8, 2015.

STEVENS, C.; KHAN, V. A.; WILSON, J. Y.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. The effect of fruit orientation of postharvest commodities following low dose ultraviolet light-C treatment on host induced resistance to decay. **Crop Protection**, v. 24, p. 756-759, 2005.

TERAO, D.; CAMPOS, J. S. C.; BENATO, E. A.; HASHIMOTO, J.M. Alternative strategy on postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* L.) control by use of low dose of ultraviolet-C irradiation. **Food Engineering Reviews**, v. 7, p. 171-175, 2015.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; FRIGHETTO, R. T.; ANJOS, V. D. A.; BENATO, E. A.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Physical postharvest treatments in the control of stem-end rot of mango. **Journal of Phytopathology**, v. 166, p. 581-589, 2018.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; PONTE, M. S.; MAIA, A. H. N.; ANJOS, V. D. A.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Physical postharvest treatment combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p. 317-323, 2017a.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Competitive and colony layer formation ability as key mechanisms by yeasts for the control *Botryosphaeria dothidea* fruit rot of mango. **Tropical Plant Pathology**, p. 451-457, 2017b.

TERAO, D.; NECHET, K. L.; FRIGHETTO, R. T.; SASAKI, F. F. C. Ozonated water combined with heat treatment to control the stem-end rot of papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 257, 108722, 2019.

USALL, J.; IPPOLITO, A.; SISQUELLA, M.; NERI, F. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 30–40, 2016.

VERES, K.; CSUPOR-LOFFLER, B.; LÁZAR, A.; HOHMANN, J. Antifungal activity and composition of essential oils of *Conyza canadensis* herbs and roots. **The Scientific World Journal**, ID 489646, 2012

WISNIEWSKI, M.; DROBY, S.; NORELLI, J.; LIU, J.; SCHENA, L. Alternative management technologies for postharvest disease control: The journey from simplicity to complexity. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 3-10, 2016.

YANG, Z.; CAO, S.; SU, X.; JIANG, Y. Respiratory activity and mitochondrial membrane associated with fruit senescence in postharvest peaches in response to UV-C treatment. **Food Chemistry**, v. 161, p. 16-21, 2014.

